

УДК 628.161

Студ. Н.А. Федченко

Науч. рук. доц. Л.А. Шибeka

(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

## **ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА**

Особенностью использования водных ресурсов Республики Беларусь является широкое применение подземных вод в народном хозяйстве. Согласно данным за 2015 год [1] на подземные воды приходится 59% всех добытых в стране пресных вод, что обусловлено высоким их качеством. Вместе с тем, согласно проводимым ежегодным исследованиям подземные воды Республики Беларусь характеризуются повышенным содержанием в них соединений железа, что обусловлено гидрогеологическими особенностями территории. По данным за 2015 год в водные объекты страны поступило 870 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. В составе сточных вод присутствуют соединения тяжелых металлов. Общее количество соединений железа, меди, цинка, никеля и хрома, сбрасываемых со сточными водами в 2015 году, составило 313,4 т. Причем на соединения железа приходится более 88% всех сбрасываемых со стоками тяжелых металлов.

Цель работы – поиск новых материалов для очистки природных и сточных вод от соединений железа.

Исследование проводили на модельных растворах в диапазоне концентраций ионов трехвалентного железа в пробе от 20 до 200 мг/дм<sup>3</sup>. Выбор рабочих концентраций металла в растворе определялся содержанием ионов железа в природных поверхностных и подземных водах и в промывных сточных водах гальванических производств. Содержание ионов железа определяли фотоколориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой [2].

В качестве материалов, применяемых для очистки сточных вод от соединений железа, в работе использовались отработанные измельченные ионообменные смолы и их механические смеси. Содержание рассматриваемых материалов в пробе составляло 0,4 г/дм<sup>3</sup>. Эффективность очистки воды оценивали путем расчета коэффициента извлечения (Ки), отражающего количество ионов металла, извлекаемых 1 мг навески используемого материала.

Отработанные ионообменные смолы являются отходами производства и практически не используются. В работе использовали отработанные ионообменные смолы: анионит марки АВ-17-8 и катионит марки КУ-2-8. В соответствии с классификатором отходов Республи-

ки Беларусь [3], рассматриваемые отработанные ионообменные смолы относятся к отходам 3 и 4 классов опасности соответственно.

Для увеличения поверхности соприкосновения твердой и жидкой фаз проводили измельчение ионообменных смол до размеров частиц менее 1 мм. Для повышения эффективности извлечения соединений металла из раствора (за счет образования комплексов с участием функциональных групп катионита (К), анионита (А) и ионов железа) в пробу добавляли ионообменные смолы при массовом соотношении К:А = 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1.

В работе проводили исследования по извлечению ионов трехвалентного железа из воды, а также соединений железа с гуминовыми веществами (поскольку в природных водах такие соединения часто встречаются и трудно удаляются в процессах водоподготовки). Полученные результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Извлечение соединений железа из воды измельченными отработанными ионообменными смолами**

Начальная концентрация железа, мг/дм <sup>3</sup>	Ки (мг/г) при использовании катионита (К) и анионита (А) и их смесей (при массовом соотношении К:А)					
	Катионит	Анионит	К:А=1:1	К:А=2:1	К:А=3:1	К:А=4:1
Извлечение ионов Fe (III) из воды						
20	43	1	40	40	39	39
40	63	1	52	55	55	55
60	72	16	68	68	61	60
80	72	101	74	74	72	68
100	72	134	74	73	72	69
Извлечение соединений Fe (III) из воды в присутствии гуминовых веществ						
20	51	3	3	3	3	3
40	108	5	27	7	42	5
60	144	23	45	22	67	53
80	171	30	45	43	69	69
100	177	30	57	62	69	69

Наилучшие результаты очистки воды от ионов трехвалентного железа наблюдаются для отработанного измельченного анионита (Ки=134 мг/г). Это, вероятно, обусловлено наличием в отработанном анионите соединений (извлеченных ранее смолой из воды на станции водоподготовки) с функциональными группами, способными взаимодействовать с ионами железа, присутствующими в растворе.

Максимальные значения коэффициентов извлечения Fe(III) из раствора при использовании катионита и смесей ионитов находятся в одном диапазоне (Ки=69-74 мг/г) и изменяются незначительно при

изменении состава ионообменных смол. Предельные значения  $K_i$  для катионита и смесей ионообменных смол примерно в два раза меньше максимальных величин коэффициента извлечения ионов железа при применении отработанного анионита.

Наилучшей способностью извлекать ионы железа в присутствии гуминовых веществ характеризуется отработанный измельченный катионит ( $K_i = 177$  мг/г). Наименьшей способностью извлекать ионы железа из раствора характеризуется измельченный неотработанный анионит ( $K_i = 30$  мг/г). Полученные результаты являются закономерными, так как ионы железа способны вступать во взаимодействие (прежде всего за счет реакции ионного обмена) с ионами металлов, присутствующими в матрице катионита.

Использование смесей ионообменных смол приводит (по сравнению с анионитом) к увеличению коэффициента извлечения. При этом, с ростом доли катионита в смеси увеличивается  $K_i$  соединений железа. Вместе с тем, предполагаемого значительного влияния применение смесей ионообменных смол на величину коэффициента извлечения не оказывает. Вероятно, образование сложных трех- и (или) четырехкомпонентных комплексов различного состава с участием отработанных катионита, анионита, ионов железа и гуминовых веществ в этом случае не происходит или вклад этих процессов в эффект очистки воды от соединений железа незначителен.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования отработанных измельченных ионообменных смол в процессах доочистки природных и сточных вод от ионов трехвалентного железа и соединений гуминовокислого железа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2015 г. – Минск, 2016. – 323 с.
2. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А.В. Лихачева, Л.А. Шибека. – Минск: БГТУ, 2011. – 204 с.
3. Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №85 от 08.11.2007 г. (в ред. постановлений Минприроды от 30.06.2009 г. №48, от 31.12.2010 г. №63, от 07.03.2012 г. №8) – 94 с.